

Beschreibung

Anordnung zur Kompensation einer Raman-Verkippung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Kompensation einer durch "Stimulierte Raman-Streuung" hervorgerufenen Verkippung von Wellenlängen-Multiplexsignalen.

10 Stimulierte Raman-Streuung führt zu einem Leistungstransfer von optischen Datensignalen mit hohen Frequenzen zu Datensignalen mit niedrigen Frequenzen, die über eine optische Faser übertragen werden. In guter Näherung kann der Beitrag der Stimulierten Raman-Streuung zu der Übertragungsfunktion einer Faser, im logarithmischen Maßstab
15 dargestellt, als eine Gerade beschrieben werden, deren Steigung proportional zur Leistung der Raman-Quelle ist. Durch die Raman-Streuung werden die einzelnen Datensignale eines Wellenlängen-Multiplexsignal in der Übertragungsfaser unterschiedlich verstärkt oder geschwächt, sodass sich
20 unterschiedliche Nutzpegel und damit unterschiedliche Signal-Rausch-Verhältnisse am Empfänger ergeben.

Zur Kompensation der unerwünschten Verkippung bzw. zum Einstellen der gewünschten Verkippung sind unterschiedliche
25 Methoden bekannt. So kann durch zusätzliche Raman-Quellen die Verkippung gesteuert werden, indem auch die zusätzlichen Raman-Quellen zusätzliche Leistung abgeben und/oder aufnehmen. Ebenso kann die Verkippung durch steuerbare Filter kompensiert werden.

30

Problematisch wird es, wenn Kanäle oder ganze Kanalgruppen hinzugefügt oder abgeschaltet werden. Die gleichen Probleme entstehen bei geplanten Übertragungsnetzen, bei denen optische Kanäle dynamisch über verschiedene
35 Übertragungsfasern geschaltet (geroutet) werden. Beim Bruch einer Übertragungsfaser kann sogar ein ganzes Übertragungsband ausfallen.

Aus dem Patent US 6,584,260 B2 ist ein elektrooptisches Bauteil bekannt, das aus ferroelektrischem Material besteht.

- 5 Durch unterschiedliche Steuerspannungen ist es möglich, eine wellenlängenabhängige Transmission zu erreichen. Ein Nachteil der doppelbrechenden Strukturen ist jedoch die starke Abhängigkeit von der Polarisierung des eintreffenden Lichtes.

- 10 Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anordnung zur Kompensation/Einstellung der Verkipfung von Wellenlängen-Multiplexsignalen anzugeben.

- Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 angegebenen
15 Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

- 20 Ein besonderer Vorteil dieser Anordnung ist ihre einfache Realisierbarkeit und die kurze Reaktionszeit zur Kompensation der Verkipfung. Diese ist von den mikro-elektromechanischen Systemen abhängig und kann den Bereich von 1 μ s - 10 μ s erreichen. Mit Hilfe eines zweiten mikro-elektromechanischen
25 Systems kann eine lineare Dämpfung eingestellt werden. Eine Steuerung oder Regelung wird so konzipiert, dass das System sehr rasch auf Veränderungen der Verkipfung reagieren kann. Zur Bestimmung der Verkipfung reicht es meist aus, die Gesamtleistung aller Signale zu ermitteln. Die Verkipfung
30 kann auch durch eine Leistungsmessung von wenigen charakteristischen Datensignalen oder Kontrollsignalen ermittelt werden. Die Errechnung der Steigung erfolgt aufgrund der bekannten mathematischen Grundlagen und anschließend werden entsprechend einer erforderlichen
35 Transmissionskennlinie die erforderlichen Steuersignale an die mikro-elektromechanischen Systeme abgegeben.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand von Figuren näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 ein Prinzipschaltbild der Anordnung,

Figur 2 Transmissionskennlinien und

5 Figur 3 eine Reihenschaltung von Spiegel-Filter-Kombinationen.

Figur 1 zeigt ein Prinzipschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung, wobei für die Erfindung nicht relevante

10 Komponenten zur Lichtführung nicht dargestellt sind. Ein Lichtstrahl LS, der ein Wellenlängen-Multiplexsignal (WDM-Signals) WDM_v überträgt, wird über einen ersten Spiegel MR1 auf ein Bragg-Filter BG gelenkt. Der Spiegel ist Teil eines ersten mikro-elektromechanischen Systems MES1, das die Lage

15 des Spiegel MR1 so verändern kann, das der Lichtstrahl LS mit unterschiedlichen Einfallswinkeln (Einspeisewinkel) α zur Längsachse LA auf das Bragg-Filter fällt. Das Bragg-Filter BG ist so ausgelegt, dass (beispielsweise im Ruhezustand des Spiegels) der wesentliche Teil des Lichts hindurchgeleitet

20 wird oder die im Regelfall vorhandene Verkippung auf einen Sollwert kompensiert wird. Ausgangsseitig trifft der Lichtstrahl auf einen zweiten Spiegel MR2, der ihn über eine Sammeloptik OS in eine Faser F einspeist. Ein Teil des in die Faser eingekoppelten Lichts wird in einem Splitter SP

25 abgezweigt und als Mess-Signal einer Steuer- oder Regelungseinrichtung RE zugeführt, die die Leistung zumindest einiger relevanter Kontrollsignale oder Datensignale oder die Summenleistung des WDM-Signals WDM_v misst, daraus die Verkippung und den Pegel ermittelt und die mikro-

30 elektromechanischen Systeme MES1 und MES2 durch Steuerspannungen UR1, UR2 so einstellt, dass die Verkippung und der Pegel des ausgegebenen WDM-Signals WDM_0 den Erfordernissen entspricht. Hierbei wird kann eine bei der weiteren Übertragung des WDM-Signals WDM_0 über die Faser

35 entstehende Verkippung bereits berücksichtigt werden, so dass die Datensignale des WDM-Signals am Regenerator oder Empfänger gleiche Pegel und Qualität aufweisen.

Anstelle des zweiten mikro-elektormechanischen Systems MES2 kann auch ein einstellbares lineares Dämpfungsglied verwendet werden und anstelle einer Schwenkung der Spiegel kann prinzipiell auch die Lage der Bragg-Filter geändert werden.

Anhand der **Figur 2** soll nun die Wirkungsweise zunächst der Verkippungskompensation näher erläutert werden. Die Figur 2 zeigt die Transmissionskennlinien eines Bragg-Filters (darunter sollen alle gleiche Filtereigenschaften aufweisenden Bauelemente verstanden werden) in Abhängigkeit vom Frequenzspektrum des Lichtstrahles bzw. der Frequenz der Datensignale in Tera-Hertz (THz). Das Übertragungsband ist hierbei grau schraffiert. In Abhängigkeit vom Einfallswinkel α des Lichtstrahles zur Längsachse LA des Bragg-Gitter BG ergeben sich unterschiedliche Transmissionskennlinien. Die höchste Dämpfung wird immer dann erzielt, wenn die Bragg-Bedingungen erfüllt sind. Das Einspeisen des Lichtes mit unterschiedlichen Einfallswinkeln entspricht einer Veränderung des Gitterabstandes. Betrachtet man nun bei unterschiedlichen Einfallswinkeln die Transmissionskennlinien im Übertragungsbereich, so stellt man fest, dass die Transmissionskennlinien etwa waagerecht verschoben werden, wodurch deren Steigungen $m_0 - m_4$ im Übertragungsbereich unterschiedlich sind und dass sie bei unterschiedlichen Steigungen auch unterschiedliche Dämpfungswerte für die Datensignale (Kanäle) aufweisen. Je nach Einfallswinkel können daher unterschiedliche Verkippungen des WDM-Signals WDM_v kompensiert bzw. realisiert werden, wobei die unterschiedlichen Dämpfungen durch ein lineares Dämpfungsglied ausgeglichen werden können (und durch Verstärkung der erforderliche Pegel erzeugt wird). Je nach Ausführung des Bragg-Gitters und Verstellbereich des Spiegels können positive und negative Steigungen realisiert werden. Anstelle des durchgeleiteten Lichtanteils kann auch der reflektierte Strahl genutzt werden, dessen Steigung wiederum gespiegelt zum durchgeleiteten Strahl verläuft.

Die Dämpfung wird durch Schwenken des zweiten Spiegels MR2 erzeugt, der als lineares Dämpfungsglied arbeitet, indem nur ein Teil des Lichtstrahls über die Sammeloptik OS in die Faser F eingekoppelt wird. Anstelle des zweiten Spiegels können andere lineare Dämpfungsglieder eingesetzt werden oder das kompensierte WDM-Signal entsprechend verstärkt werden.

Eine Kaskadierung mehrerer Spiegel-Filter-Kombinationen SBG1, SBG2, die jeweils einen Spiegel und ein Bragg-Filter enthalten, vergrößert den Einstellbereich von Verkipfung und Dämpfung. Eine solche Anordnung ist in **Figur 3** dargestellt, wobei die Ein- und Ausgänge entsprechend Figur 1 mit den gleichen Kleinbuchstaben a, b und c bezeichnet sind. Diesen Spiegel-Filter-Kombinationen SBG1, SBG2 kann auch wieder ein weiterer Spiegel zur Einstellung der Dämpfung nachgeschaltet sein.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Kompensation einer Verkipfung eines Wellenlängen-Multiplexsignals (WDM_V),
5 dadurch gekennzeichnet,
dass der Einfallswinkel (α) eines das WDM-Signal (WDM_V) übertragenden Lichtstrahles (LS) gegenüber der Längsachse (LA) eines Bragg-Filters (BG) geändert wird und so im Übertragungsbereich eine wellenlängenabhängige Dämpfung mit
10 veränderlicher Steigung ($m_0 - m_4$) erzielt wird.
2. Anordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Bragg-Filter (BG) fest angeordnet ist und
15 dass der Einfallswinkel (α) durch einen Spiegel (MR1) veränderlich ist, der als mikro-elektromechanisches System (MES1) ausgeführt ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass dem Bragg-Filter (BG) ein weiteres mikro-elektromechanisches System (MES2) nachgeschaltet ist mit dem die Dämpfung des WDM-Signals (WDM) linear eingestellt wurde.
- 25 4. Anordnung nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein zwei Spiegel-Filter-Kombinationen (SBG1, SBG2) funktionsmäßig in Reihe geschaltet sind.
- 30 5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Steuer- oder Regeleinrichtung (RE) die Leistung von mindestens zwei Kontrollsignalen oder Datensignalen des WDM-Signals (WDM_0) oder die Gesamtleistung des WDM-Signals (WDM_0)
35 misst und die Verkipfung und/oder Dämpfung durch Steuerung von mikro-elektromechanischen Systemen (MES1, MES2) einstellt.

Zusammenfassung

Anordnung zur Kompensation einer Raman-Verkipfung

- 5 Ein Lichtstrahl (LS) der zur Übertragung eines Wellenlängen-Multiplexsignals (WDM_V) dient, wird über einen einstellbaren Spiegel (MR1) auf ein Bragg-Gitter (BG) gelenkt. Je nach Einfallswinkel des Lichtstrahles zur Längsachse (LA) des Bragg-Gitters (BG) ergeben sich unterschiedliche
- 10 Transmissions-Kennlinien, die unterschiedliche Steigungen ($m_0 - m_4$) aufweisen. Hierdurch kann eine Verkipfung des Wellenlängen-Multiplexsignals (WDM_V) kompensiert werden. Ein zweiter steuerbarer Spiegel (MR2) ermöglicht das Einstellen der Dämpfung. Eine Regeleinrichtung (RE) bewirkt eine
- 15 schnelle Korrektur der Verkipfung nach dem Zu-/oder Abgeschalten von Datensignalen.

Figur 1